

## Egyes ipari hulladékok hasznosítása talajjavításra

PUSZTAI ANTAL és MÁTÉ FERENC

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest*

Magyarországon a savanyú talajok kémiai javítására elsősorban mészkeport, lápi meszet és cukorgyári mésziszapot használnak. Az utóbbi kettőt mindenekelőtt a lelőhely közelében igyekeznek hasznosítani. Egyes ipari melléktermékek — főként nagyolvasztói salak — talajjavításra való felhasználására már korábban is történtek próbálkozások (ÁBRAHÁM [3] PÁLFALVI [18] SIPOS és GERŐCZ [23]), jelenleg azonban e hulladékok elsősorban út- és házépítőipari hasznosítása terjedt el.

Külföldön a nagyolvasztói salakok (ALJAMOVSKIJ [1], EVTUHOV és munkatársai [7], GOMES és munkatársai [8], BRATU és munkatársai [5], CHZSU CI CHERNY és munkatársa [6], KAC-KACAS és munkatársai [15], ROMANOV és munkatársai [22], SZKVORCOV [24], SZKVORCOV és SZONYINA [26]) kívül elsősorban a martin- és egyéb acélipari salakok [7, 15, 22, 24, 25], (BOGUSEWSKI és PENTKOWSKI [4], JUDIN és RESETNIKOVA [11, 12, 13], POPOVA [19], RESETNIKOVA és JUDIN [20]) vizsgálatával foglalkoztak.

Egyes források beszámolnak ezeken kívül a szódagyári mésziszap (RAGALER [21]), dolomitpor (MACLEOD és munkatársai [17]), távfűtési hamu (JELEN és FOLK [10]), barnaszén-hamu ILLNER és RAASCH [9]), a szóda, cellulóz, karbid és kénsav gyártás (KAC-KACAS és DRZAS [14]), valamint kloroform (LOGINOW és GULWICH [16]) gyártás melléktermékeként keletkező különféle mésziszapok kipróbálásáról is.

Sok közlemény foglalkozik még a dolomitliszt, cementgyári hullópor, a cink, ólom, magnézium olvasztásakor keletkező hulladékok, melléktermékek hasznosításával is.

Az irodalom vázlatos áttekintése után is nyilvánvaló, hogy külföldön sokat foglalkoznak a különféle ipari melléktermékek talajjavítási hasznosítása kérdéseivel. Ennek ellenére meg kell említeni, hogy ezek az anyagok a legfejlettebb kapitalista országokban (USA, NSzK, Japán) is az összes talajjavító anyagoknak csak kb. 3%-át teszik ki (ANCIFEROVA és HAVKINA [2]).

A különféle ipari hulladékok gyakorlati elterjedését sok esetben gátolja a viszonylag alacsony és az egyes üzemektől függő hatóanyagtartalom, az őrlés szükségessége, a nagy Mg-, Al-, Fe-, Cl-tartalom, vagy a kiszórás körüli nehézségek. Ugyanakkor egynémelyike bizonyos mikroelemeket (Mn, Co, Cu, B, S, Mo, Ni, As, stb.) is tartalmaz és ily módon hatásuk szélesebbkörű, mint a közönséges talajjavító anyagoké. Egyesek viszonylag nagy (10–17%)  $P_2O_5$ , vagy  $K_2O$ -tartalmat mutatnak. A vas- és fémipari salakok 10–40%  $SiO_2$ -t és 8–20%  $Fe_2O_3$ -t tartalmaznak. Ennek ellenére az irodalmi adatok általában megegyeznek abban, hogy azonos lúgosan hidrolizáló anyagmennyiség esetén, hatásukra a legtöbb növény termése savanyú talajokon hasonló mértékben nő,

mint mészkőpor után. Az irodalmi adatok általában megegyeznek abban is, hogy nem elhanyagolható körülmény a hatékonyság nézőpontjából a felhasznált anyag szemcseméret-összetétele. Általában kívánatosnak tartják, hogy a felhasználásra kerülő anyagnak legalább 80%-a átmenjen a 0,25 mm-es szitán. Ellenkező esetben csak csökkent hatásfokkal számolhatunk.

Ismerve a hazai ipar gondjait, egyes hulladékok tárolása, felhasználása vonatkozásában, valamint a külföldi kedvező tapasztalatokat, kísérleteket kezdtünk talajjavításra való felhasználásuk céljából.

### Anyag és módszerek

Kísérleteinkhez különböző kalcium-tartalmú ipari hulladékokat gyűjtöttünk, s azokat megelemeztük. A Dunai Vasműtől nagyolvasztó-salak (I) és Martin-salak (II) mintát kaptunk. A „November 7” Hőerőmű Vállalat két-féle szénsalakot bocsátott rendelkezésünkre. Ezek egyike az inotai (III) erőműben, a másik a várpalotai (IV) üzemben keletkezett. A Borsodi Vegyi kombinátnál egy karbid-mésziszapot (V), a Péti Nitrogénművektől pedig egy vízlágyításnál képződő mésziszapot (VI) kaptunk.

Egyes anyagok eredeti állapotukban nagy víztartalmuk (karbidmésziszap, vízlágyító mésziszap), vagy fizikai állapotuk (nagyolvasztó-martin-salak, erőművi salakok) miatt vizsgálatra és talajjavításra alkalmatlanok voltak. Ezért ezeket szárítottuk, ill. őröltük. Ilyen előkészítés után munkánkat a 0,25 mm-es szitán átjutó anyaggal folytattuk.

A kísérletbe vont ipari hulladékok kémiai összetétele az 1. táblázatban közölt adatokból ítéltető meg. Az elemzést a „Talaj és Trágyavizsgáló módszerek” [27] előírásai szerint végeztük. A nagyolvasztó-salak-minta a szokásos összetételtől eltérően, kevésbé bázikus összetételű és az alkáli földfénoxidok összege alig 30%. Ezek főként kavasavhoz kötöttek. Nem elhanyagolható az alumínium és a kén mennyisége, azonban a mi céljaink szempontjából főleg a mérsékelt mangán-tartalomnak van jelentősége. A martin-salakban az alkáli földfénoxidok mennyisége nagyobb és a kavasavhoz kötött előfordulás mellett az oxidos forma is jelentős. Igen nagy a foszfor- és a kén-tartalom (az általunk használt mintában a szokásos mennyiséget messze meghaladja). A martin-salak alkalmazása egyben jelentős mangán-trágyázást is jelent. A szén-salakokban tekintélyes mennyiségű kalcium van és — szemben a vasipari hulladékok összetételével — a magnézium itt alárendeltebb szerepet játszik. A kavasavhoz kötött forma mellett az oxidos, karbonátos forma is jelentős, viszont kevés az egyéb növényi tápanyagok mennyisége. A karbidmész igen magas hatóanyag-tartalmú és a karbonátos, sőt oxidos vegyületforma uralkodik. A vízlágyítás során keletkező mésziszap szinte tisztán karbonát, 4/5-e kalcium, 1/5-e magnézium-karbonát. E termék nagy víztartalommal keletkezik és Cu, Cr, Ba, Ni és Mn szennyezése is van.

A vizsgált ipari hulladékokban meghatároztuk Scheibler-féle kalciméterrel a savval felszabadítható  $\text{CO}_2$ -tartalmat és azt  $\text{CaCO}_3$ -ra számítottuk át. Az adatokat a 2. táblázat első oszlopában tüntettük fel. Az eredmények a teljes elemzés adataival összhangban vannak és azt mutatják, hogy vízlágyításnál keletkező mésziszap tekinthető alkáli földfém karbonát összetételűnek, a karbidmész alig 1/4 részben áll abból. Az inotai pernye több kalciumkarbonátot tartalmaz, mint a kavasavban gazdagabb várpalotai. A vasgyári salakokban karbonát alig van.

1. táblázat

## Ipari hulladékok kémiai összetétele (%)

(1) Az anyag jele és megnevezése	(2) Izzítási vesztesség	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO
I. Dunai Vasmű kohósalak .....	—	39,1	0,4	8,4	3,9	20,0	9,2	0,9	0,6	0,2	1,7
II. Dunai Vasmű martinsalak .....	—	19,4	21,3	—	11,6	25,5	9,7	13,6	ny	0,03	6,4
III. November 7. erőmű, szénsalak, Inota ..	13,4	31,9	7,3	13,8	4,8	27,2	2,1	2,6	0,6	0,2	—
IV. November 7. erőmű, szénsalak, Várpalota .....	11,6	40,2	5,9	6,6	4,1	34,8	2,4	2,4	1,4	0,35	ny
V. Borsodi Vegyikombinát, karbidmész	28,8	2,3	0,3	—	0,8	50,7	1,4	0,5	—	0,02	—
VI. Péti nitrogénművek vízlágyítási mésziszap .....	4 2,7	0,9	0,2	—	0,4	48,4	5,6	0,6	0,1	0,05	ny

Annak érdekében, hogy a talaj hidrolitos savanyúságának közömbösítéséhez szükséges adagokat az egyes hulladékokra vonatkoztatva kiszámíthassuk, meghatároztuk a lúgosan hidrolizáló anyagok együttes mennyiségét is és azt CaCO<sub>3</sub>%-ban fejeztük ki. A kapott értékek a 2. táblázat második oszlopában találhatók.

2. táblázat

Ipari hulladékok karbonáttartalma és lúgosan hidrolizáló vegyületeinek mennyisége CaCO<sub>3</sub>%-ban kifejezve

(1) Az anyag jele és megnevezése	(2) Karbonáttartalom	(3) Lúgosan hidrolizáló vegyületek
I. Dunai Vasmű kohósalak .....	2,9	
II. Dunai Vasmű martinsalak .....	1,5	
III. November 7. erőmű, szénsalak, Inota .....	15,6	
IV. November 7. erőmű, szénsalak, Várpalota .....	5,1	
V. Borsodi Vegyikombinát, karbidmész .....	23,6	
VI. Péti nitrogénművek, vízlágyítási mésziszap .....	99,6	

Az ipari hulladékokat tenyészedények talajához kevertük. A kísérletben közepesen savanyú, agyagbemosódásos barna erdőtalajt használtunk, amelynek pH-értéke vizes közegben 4,8, KCl oldatban 3,8; hidrolitos savanyúsága 23,9; humusztartalma 2,51%; bázis telítettsége 26,8%.

## A kísérletek leírása

1970 tavaszán a fenti ipari hulladékok, CaCO<sub>3</sub>, CaO és MgCO<sub>3</sub> (technikai minőségű vegyszer) felhasználásával tenyészedény kísérletet állítottunk be öt sorozatban, edényenként 1—1 kg talajjal. A tenyészedény kísérlethez ragálvi

agyagbemosódásos barna erdőtalaj 0–20 cm-es rétegéből származó és megfelelően előkészített talajt használtunk. A javítóanyag mennyiségének megállapításakor egységesen 150 q/kh mészkőpor adagot vettünk figyelembe és minden esetben a lúgosan oldható anyagok együttes mennyiségéből indultunk ki. A különféle javító anyagokat műtrágya nélkül és NPK műtrágya alapon vizsgáltuk. A műtrágya mennyisége  $N_{0,21}P_{0,15}K_{0,17}$  g/kg talaj volt, melyet  $NH_4NO_3$ ,  $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$  és KCl formájában adtunk. A különféle hulladékokat és a műtrágyát a vetés előtt egy héttel kevertük a talajba.

Jelzőnövényül III. 11.-én tavaszi árpat vetettünk, melyet VI. 23.-án arattunk. A tavaszi árpa után a kezelések felújítása nélkül sárgavirágú mustárt vetettünk. A mustárt VIII. 12.-én arattuk. Mindkét jelzőnövény terméséből megállapítottuk, a szárazanyagtartalmat, majd különféle beltartalmi vizsgálatokat végeztünk.

A kísérletek termésadatait (3. és 5. táblázat) variancia-analízissel értékeltük. A variancia analízis szerint a tavaszi árpa terméseredményében minden tényező hatása és azok kölcsönhatása is  $P = 0,1\%$ -os szinten szignifikáns.

3. táblázat

Különféle talajjavító anyagok hatása a tavaszi árpa termésére  
(g/edény 86<sup>o</sup> sz.a.)

(1) Anyag megnevezése	(2) Műtrágya nélkül	(3) NPK műtrágya	(4) Különbség	SzD <sub>s</sub> %	Átlag	%
∅ .....	0,36	0,72	0,36		0,54	100,0
CaCO <sub>3</sub> .....	1,22	1,40	0,18		1,31	242,6
MgCO <sub>3</sub> .....	0,92	1,12	0,20		1,02	188,9
CaO .....	1,10	1,34	0,24		1,22	225,9
I. Kohósalak .....	1,06	1,22	0,16		1,14	211,1
II. Martinsalak .....	1,08	1,32	0,24	1,21	1,20	222,2
III. Inotai salak .....	1,06	1,24	0,18		1,15	213,0
IV. Várpalotai salak .....	0,98	1,12	0,14		1,05	194,4
V. Karbidmész .....	1,12	1,26	0,14		1,19	220,4
VI. Mésziszap .....	1,18	1,40	0,22		1,29	238,9
SzD <sub>s</sub> % .....		0,07	0,10		0,10	17,9
Átlag .....	1,01	1,21	0,20		1,11	205,7
% .....	100,0	119,8	19,8			

Szignifikáns különbségek vannak a különféle javítóanyagok hatása között is. Mint a 3. táblázatból látható, a kontrollhoz képest minden javítóanyag után jelentős termésmnövekedést figyelhetünk meg. Legkisebb mértékben (22%) nőtt a termés MgCO<sub>3</sub> hatására. Bár ez a hatás is szignifikáns növekedést jelent, további jelentős termésmnövekedés állapítható meg CaCO<sub>3</sub> és CaO után. E két vegyszerhez képest további lényeges — és a karbidmésztől eltekintve szignifikáns — termésmnövekedést állapítottunk meg a különféle ipari hulladékok hatására. Ennek okát mi abban látjuk, hogy ezen anyagok hatásában a közvetlen savanyúság-csökkentésen kívül közrejátszottak bizonyos mikro- és makroelemek is (pl. P).

$P = 0,1\%$ -os szinten szignifikáns a Kezelés  $\times$  Műtrágya kölcsönhatás is. Ennek az az oka, hogy a műtrágya hatások a kezeléstől függően erősen változ-

4. táblázat

Különbféle javítóanyagok hatása a tavaszi árpa beltartalmára és hozamára

(1) Kezelés	(2) Beltartalom ‰					(3) Hozam g/edény		
	N	P	K	Ca	P : Ca	(4) Nyersfehérje	P	Ca
Ø .....	2,02	0,43	3,16	0,95	1 : 2,21	40,55	1,38	3,06
Ø + NPK .....	2,16	0,39	3,66	1,15	1 : 2,95	58,32	1,68	4,97
CaCO <sub>3</sub> .....	1,78	0,45	3,00	1,45	1 : 3,22	54,51	2,20	7,10
CaCO <sub>3</sub> + NPK .....	1,78	0,34	2,92	1,42	1 : 4,18	87,89	2,69	11,22
MgCO <sub>3</sub> .....	2,02	0,46	2,26	0,64	1 : 1,39	39,64	1,44	2,01
MgCO <sub>3</sub> + NPK .....	1,93	0,30	3,32	0,72	1 : 2,41	60,07	1,49	3,59
CaO .....	1,73	0,34	2,69	1,57	1 : 4,62	50,81	1,60	7,38
CaO + NPK .....	1,82	0,37	2,86	1,89	1 : 5,11	91,46	2,97	15,20
I. Kohósalak .....	1,44	0,34	2,40	1,09	1 : 3,21	58,85	2,22	7,13
Kohósalak + NPK .....	1,44	0,34	2,59	1,21	1 : 3,56	90,00	3,40	12,10
II. Martinsalak .....	1,40	0,46	1,92	1,84	1 : 4,00	70,35	3,70	14,79
Martinsalak + + NPK .....	1,62	0,43	2,50	1,70	1 : 3,95	96,39	4,09	16,18
III. Inotai salak .....	1,49	0,41	2,65	1,06	1 : 2,58	57,74	2,54	6,57
Inotai salak + + NPK .....	1,42	0,33	2,17	1,03	1 : 3,12	93,72	3,48	10,38
IV. Várpalotai salak .....	1,29	0,41	3,00	1,18	1 : 2,88	40,08	2,44	7,03
Várpalotai salak + + NPK .....	1,51	0,33	2,73	1,21	1 : 3,66	91,17	3,19	11,69
V. Karbidmész .....	1,62	0,34	2,43	1,23	1 : 3,62	52,85	1,77	6,42
Karbidmész + + NPK .....	1,76	0,34	2,73	1,70	1 : 5,00	90,86	2,81	14,04
VI. Mésziszap .....	1,67	0,30	2,59	1,14	1 : 3,80	56,16	1,61	6,13
Mésziszap + NPK .....	1,76	0,36	2,53	1,39	1 : 3,86	100,54	3,29	12,70

tak. Mint a 3. táblázatból látható, pl. a 13,6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-t tartalmazó martinsalaknál az adott NPK mennyiség hatására csak 1,48 q termésnövekedést állapítottunk meg, viszont a többi ipari hulladék — melyek csak lényegtelen mennyiségű P, vagy K-t tartalmaztak — nagy, általában 3–4 q termésnövekedést biztosított.

Műtrágyázatlan alapon a MgCO<sub>3</sub> némi termésnövekedést idézett elő. NPK alapon a legkisebb termést a javítatlan talajon kaptuk, bár ez szignifikánsan nagyobb, (1,1 q) mint a javítatlan, trágyázatlan talajé. Abszolút értelemben legnagyobb termést az inotai lúgos pernyesalakkal végzett javítás + NPK műtrágyázás hatására kaptuk, ami az abszolút kontroll termésének több mint háromszorosa. Műtrágya nélkül kimagaslóan nagy termést martinsalak használatával értünk el.

Lényeges különbségek adódtak nemcsak a tavaszi árpa termésében, hanem a termés NPK és Ca-tartalmában is (4. táblázat). A legnagyobb N-tartalmat javítatlan talajon termelt árpában állapítottuk meg. Ennek magyarázatát adott esetben a rosszul fejlett, csenevész, kis rost-tartalmú és kevés kifejtett szemet tartalmazó növényekben kell keresni. Hasonlóan nagy (>2%) N-tartalmat találtunk a MgCO<sub>3</sub>-os kezelésben. Ezt a jelenséget más, magnéziummal beállított kísérletünkben is tapasztaltuk.

Mind trágyázatlan, mind műtrágyázott alapon a hagyományos javítóanyagok általában nagyobb N-tartalmat eredményeztek, mint a különféle

5. táblázat

Különböző talajjavítóanyagok hatása a mustár termésére  
(g/edény 86% sz.a.)

(1) Anyag megnevezése	(2) Műtrágya nélkül	(3) NPK műtrágya	(4) Különbség	SzD <sub>5%</sub>	Átlag	%
Ø .....	3,22	4,32	1,10		3,77	100,0
CaCO <sub>3</sub> .....	4,90	7,90	3,00		6,40	169,8
MgCO <sub>3</sub> .....	3,14	4,98	1,84		4,60	122,0
CaO .....	4,70	8,04	3,34		6,37	169,0
I. Kohósalak .....	6,54	10,00	3,46	0,95	8,27	219,4
II. Martinsalak .....	8,04	9,52	1,48		8,78	232,9
III. Inotai salak .....	6,20	10,56	4,36		8,38	222,3
IV. Várpalotai salak .....	5,96	9,66	3,70		7,81	207,2
V. Karbidmész .....	5,22	8,26	3,04		6,74	178,8
VI. Mésziszap .....	5,38	9,14	3,76		7,26	192,6
SzD <sub>5%</sub> .....		0,30	0,68		0,68	18,0
Átlag .....	5,33	8,24	2,91		6,79	181,4
% .....	100,0	154,6	54,6			

ipari hulladékok. A növények P-tartalmában nagy különbségeket nem találunk, különösen nem NPK műtrágyázás esetén. A legnagyobb értéket kezeléseink közül a MgCO<sub>3</sub> és martinsalak esetében állapítottunk meg. Martinsalak után viszont egyik legalacsonyabb K-tartalmat találtuk, ami NPK trágyázás esetén is csak valamivel nőtt. A legtöbb káliumot a kontroll, CaCO<sub>3</sub> és MgCO<sub>3</sub> kezelésekben állapítottuk meg.

A legkisebb Ca-tartalmat természetesen az abszolút kontroll kezelés növényei mutatták, a legnagyobb értékeket viszont CaO és martinsalak után állapítottuk meg. Hasonló, de némileg módosított képet kapunk, ha a nyersfehérje P, és Ca-hozamra vonatkozó adatokat (4. táblázat) vizsgáljuk. Ezek az adatok azt mutatják, hogy műtrágyázás nélkül a legtöbb nyersfehérje, P- és Ca-hozama martinsalakos kezelésben volt. A MgCO<sub>3</sub>-nál a hozamok általában kisebbek, mint a Ca hatóanyagú kezelésekben, mindhárom vizsgált hozam vonatkozásában. A 4. táblázatban közöljük a P : Ca arányra vonatkozó adatokat. Ennek elsősorban takarmányozási szempontból van jelentősége. Az optimálisnak tartott 11 : 1,5 — 1 : 4,0 intervallumban adataink elhelyezhetők, bár túl tág arány esetén az ilyen takarmány P-kiegészítése indokolt. Érdekes megfigyelni, hogy NPK műtrágyázás esetén nőtt a növények Ca-tartalma és hozama s a P : Ca arány tágult. A Ca-hozam esetenként megkétszereződött (CaO, karbidmész és mésziszap).

Bár abszolút értékben a mustár termések jóval kisebbek mint a tavaszi árpáé — azzal lényegében azonos tendenciákat mutatnak. A variancia-analízis szerint P = 0,1%-os szinten szingifikáns a kezelések átlagos hatása és a műtrágyázás hatása. A Kezelés × Műtrágya kölcsönhatás nem szignifikáns. A 5. táblázatban közölt termésadatok szerint az abszolút kontrollhoz viszonyítva, minden kezelésben nőtt a termés. Műtrágyázás esetén minden esetben nagyobb értékeket állapítottunk meg. MgCO<sub>3</sub> után csak a kontrollhoz képest nőtt szignifikánsan a termés. A várpalotai salaktól eltekintve, a többi javító-



6. táblázat

## Különféle javítóanyagok hatása a mustár beltartalmára és hozamára

(1) Kezelések	(2) Beltartalom %					(3) Hozam g/edény		
	N	P	K	Ca	P : Ca	(4) Nyersfehérje	P	Ca
Ø .....	3,33	0,43	4,00	3,46	1 : 8,05	7,48	0,15	1,25
Ø + NPK .....	3,73	0,86	4,06	3,40	1 : 3,95	16,78	0,62	2,45
CaCO <sub>3</sub> .....	2,33	0,52	5,06	4,00	1 : 7,69	17,77	0,63	4,88
CaCO <sub>3</sub> + NPK .....	2,27	0,66	4,17	4,16	1 : 6,30	19,86	0,92	5,82
MgCO <sub>3</sub> .....	3,60	0,46	4,72	2,52	1 : 5,48	20,70	0,42	2,32
MgCO <sub>3</sub> + NPK .....	3,89	0,63	3,16	2,76	1 : 4,38	14,73	0,71	3,09
CaO .....	2,20	0,48	4,36	4,08	1 : 8,50	15,12	0,53	4,49
CaO + NPK .....	2,09	0,71	3,90	4,03	1 : 5,68	17,50	0,95	5,40
I. Kohósalak .....	2,09	0,56	4,04	3,44	1 : 6,14	13,84	0,59	3,65
Kohósalak + NPK .....	1,98	0,79	4,89	3,30	1 : 4,18	15,09	0,96	4,03
II. Martinsalak .....	2,02	0,88	3,74	4,08	1 : 4,64	13,64	0,95	4,41
Martinsalak + + NPK .....	1,84	1,31	4,79	3,98	1 : 3,04	15,18	1,73	5,25
III. Inotai salak .....	1,89	0,49	3,87	3,52	1 : 7,18	12,52	0,52	3,73
Inotai salak + + NPK .....	1,91	0,98	4,79	3,38	1 : 3,45	14,80	1,22	4,19
IV. Várpalotai salak ..	1,96	0,56	4,23	3,52	1 : 6,28	12,00	0,55	3,45
Várpalotai salak + + NPK .....	2,00	0,77	4,95	3,68	1 : 4,79	14,00	0,86	4,12
V. Karbamidmész ...	2,18	0,53	4,30	3,90	1 : 7,36	15,26	0,59	4,37
Karbamidmész + + NPK .....	1,82	0,82	4,82	3,68	1 : 4,49	14,33	1,03	4,64
VI. Mésziszap .....	1,91	0,44	4,04	3,58	1 : 8,14	14,08	0,52	4,22
Mésziszap + NPK .....	1,91	0,88	4,63	3,66	1 : 4,16	16,71	1,23	5,12

anyag esetén, további lényeges termésnövekedést mutatnak a mustár termésadatai is. Abszolút értelemben legnagyobb termést a CaCO<sub>3</sub> és a méziszap kezelésekben kaptunk. Kohósalak (szilikamész) hatására közepes termésnövekedés állott elő. A növényvizsgálati adatokat és a tápanyag hozamokat a 6. táblázat tartalmazza.

Az abszolút és műtrágyás kontroll kezeléseinek viszonylag nagy tápanyag-tartalmát az árpa esetében elmondottakkal indokoljuk. A MgCO<sub>3</sub>-kezelésben most is kiugróan nagy N-tartalmat állapítottunk meg. A többi javítóanyag N-tartalomra való hatása között nagy és következetes különbségek nincsenek.

A mustár esetében különösen szembetűnik a martinsalak hatására fellépő nagy P-tartalom. A műtrágyázás növelte a termés P-tartalmát minden kezelésben. A Ca-ra vonatkozó adatok legnagyobbak CaCO<sub>3</sub> és CaO kezeléseknél. Lényegében ugyanilyen adatokat találunk martinsalakkal végzett javítás után is. A kohósalakos kezelésben a növények Ca-tartalma közepes, a MgCO<sub>3</sub>-os kezeléseknél növényeinek Ca-tartalma pedig viszonylag kicsi. A 6. táblázat szerint a nyersfehérje-, P- és Ca-hozamok vonatkozásában mutatkozó különbségek az abszolút kontrolltól eltekintve már nem olyan nagyok, mint az első jelzőnövényénél, a tavaszi árpánál. A mustár P : Ca aránya igen tág s a kezeléstől függően csak némileg változik.

### Összefoglalás

A különféle ipari hulladékok kémiai vizsgálata és a velük beállított tenyészedény kísérlet két jelzőnövényének terméscsadatai, valamint a növényvizsgálatok azt mutatják, hogy ezek mezőgazdaságban történő hasznosításával célszerű foglalkozni.

A kémiai talajjavításban felhasználásra kerülhetnek mindazon ipari melléktermékek, melyek egyéb irányú felhasználása nem megoldott, vagy nem célszerű. Kísérleteink szerint igen jó eredményeket várhatunk elsősorban a martinsalak, de más ipari hulladék talajjavításban történő felhasználásától is. Ezek nyilvánvalóan helyi jelentőségűek, hiszen az ország távolabbi vidékeire való szállításuk — a mész-kőpor-nál kisebb hatóanyag-tartalmuk miatt — nem lenne kifizetődő.

Mivel a kohósalak (szilikamész) felhasználását hazánkban egyelőre megoldottnak tekintik, probléma a martinsalak, vagy egyéb acélművi-salakok hasznosítása lehet. A gondot az okozza, hogy a jelenlegi technológia esetén összeállt, nagy rögökben vagy tömbökben képződik, melyek őrlés vagy aprítás nélkül nem használhatók. Az aprításra ma több eljárás ismeretes külföldön, melyek hazai kipróbálása célszerűnek látszik ott, ahol a martinsalak elhelyezése problémát okoz (DV, OKÜ).

Kísérleteink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a vizsgált ipari hulladékok savanyú talajok javítására felhasználhatók. A talajra és növényre — előzetes vizsgálataink szerint — legalább olyan kedvező hatásuk van, mint a hagyományos talajjavító anyagnak számítható mész-kőpor-nak.

Egyes hulladékok jelenlegi állapotukban nem kerülhetnek felhasználásra — azokat aprítani kell. Vannak olyanok, melyeknél a víztartalom (mésziszap, karbidmész) okoz problémákat.

Az említett aprítás, szárítás után elsősorban az ipari üzem közelében található savanyú talajokon való felhasználásuk látszik célszerűnek. Ennek határát üzemi-, kis- és nagyparcellás kísérleteknek és gazdaságossági számításoknak kell eldönteni.

### Irodalom

- [1] ALJAMOVSKIJ, N. I.: Izveszkovüie udobrenija. Szel'hozizdat. Moszkva. 1963.
- [2] ANCIÉEROVA, I. B. & HAVKINA, E. I.: Iszol'zovanie metalurgicseszkij slakov v zemledelii. Sz/h. za rubezsom Szer. A. 11. (9) 35—38. 1965.
- [3] ÁBRAHÁM, L.: Különböző minőségű és mennyiségű javítóanyagok alkalmazása savanyú talajokon. MTA. Agrártud. Oszt. Közlem. 24. 51—54. 1965.
- [4] BOGUSEWSKI, W. & PENTKOWSKI, A.: Badania Wartosci różnych nawozów wapniowych w doswiadczeniach polowych. Pam. Pulawski. 32. 121—140. 1968.
- [5] BRATU, V., PETREANU, F., CZEISLER, G. & LÁZÁR, S.: Influenta calcarului macitelor, spumei de var zgurei de furnal si ingrasamintelor chimice asupra productiei si compozitiei chimice a lucrnei cultivate pe un sol acid. Lucr. Stiint. Ser. Agron. 10. 167—175. 1967.
- [6] CHZSU CI-CHERNY & ENG-FEN: Szvojsztva slakov sztalevarenija i domennüh pecej i ih dejsztvie ha szel'szkohozjajsztreennüie kul'turü na razlicsnüh pocsvah. Acta Pedologica Sinica 11. (1) 70—83. 1963.
- [7] EVTUHOV, N. I., SZMOLEV, A. A. & VASZIL'JEVA, Sz. N.: Fiziko-himicseszkije szvojsztva metalurgicseszkij slakov, primenjaemü h dlja izvesztkovanija kislüh pocsv. Himija v sz/h. 8. (9) 30—33. 1970.



- [8] GOMES, A. G., GARCANTINI, H. & BALNCO, H. G.: Comportamento de tipos de escórias de siderurgia como corretivo da acidez do solo. *Bragantia*. (Campinas) **24**. 173—179. 1965.
- [9] ILLNER, K. & RAASCH, H.: Zur Bestimmung des Kalkgehaltes von Braunkohlenaschen für die Melioration von Kippen. *Z. Landeskult.* **3**. 171—178. 1967.
- [10] JELEN, J. & FOLK, FR.: Teplárensky popilek jako hnojivo. *Chimelérství* **41**. (2) 27—28. 1968.
- [11] JUDIN, F. A. & RESETNIKOVA, N. V.: Vlijanije toninü pomola martenovszkih slakov na ih effektivnoszt'. *Dokl. TSzHA.* **94**. 49—54. 1963.
- [12] JUDIN, F. A. & RESETNIKOVA, N. V.: Effektivnoszty martenovszkih slakov v zaviszinnoszt'yi ort toninü ih pomola. *Izv. TSzHA.* (4) 133—141. 1967.
- [13] JUDIN, F. A. & RESETNIKOVA, N. V.: K agrohimijseszkoj ocenke martenovszkih slakov kak kompleksznüh udobrenij. *Dokl. TSzHA.* **139**. 243—248. 1968.
- [14] KAC-KACAS, M. & DRZAS, K.: Badania nad przydatnoscia niektorych odpadów przemysłowych do warnowania gleb kwasnych Cz. I. *Pam. Pulawski* **32**. 67—87. 1968.
- [15] KAC-KACAS, M., DRZAS, K. & POLECKA, A.: Badania nad przydatnoszia niektorych adpadów przemysłowych do wapnowania gleb kwasnych Cz. III. *Pam. Pulawski* **32**. 107—119. 1968.
- [16] LOGINOW, W. & GULWICH, K.: Badania mozliwosci wykorzystania do celow nawozowych wapna odpadkowego z produkevi chloroformu. *Pam. Pulawski* **35**. 113—115. 1968.
- [17] MACLEOD, F. B. et al.: Effect of various rates of liming and fertilization on certain chemical properties of a strongly acid soil and on the establishment, yield, botanical, and chemical composition of a forage mixture. *Canad J. Soil Sci.* **44**. 237—247. 1964.
- [18] PÁLFALVI, I.: Nagyolvasztó salakok felhasználása a talajjavításban tisztántúli rétiagyag, rétiályog és Rába öntés talajokon. *DMKI. Talajjavítási Osztály. Zárójelentés.* 1957.
- [19] POPOVA, O. A.: Vlijanie Martenovszkih slakov na szvojsztva pocsvü. *Szb. Sztud. rab.* **15**. 298—302. 1966.
- [20] RESETNIKOVA, N. V. & JUDIN, F. A.: Martenovszkie slaki — dopolnitel'nüj izszoesnik foszfornüh udobrenij. *Dokl. TSzHA.* **113**. 301—307. 1968.
- [21] RAGALER, F.: Über die pflanzenbaulichen Voraussetzungen einer Kultivierung von Abfallkalkteichen aus der Sodafabrikation. *A. Thaer-Arch.* **9**. 585—600. 1965.
- [22] ROMANOV, G. A. et al.: Primenenie slakov v Szverdlovskoj oblaszti dlja izvesztkovanyija kizslüh pocsv. *Himija Sz/h.* **7**. 27—29. 1969.
- [23] SIPOS, A. & GERÖCZ, E.: A nagyolvasztó salak (szilikamész) talajjavító hatásának vizsgálata gyengén barna erdőtalajon. *MTA. Agrártud. Oszt. Közlem.* **24**. 55—62. 1965.
- [24] SZKVORCOV, V. F.: Effektivnoszty othodov metallurgicseszkoj promüslennoszt'yi kak izvesztkovüh udobrenij'. *Iz rezul'tatov rabot COSz VIUA* **46**. 157—160. Moszkva, 1969.
- [25] SZONYINA, K. I. & MEL'NYIKOVA, M. I.: Cementnaja pül'i metalurgicseszkie slaki kak izvesztkovüe udobrenija. *Voproszü izvesztkovanyija kizslüh pocsv.* 140—146. *Vezsajesjaj.* 1969.
- [26] SZKVORCOV, V. F. & SZONYINA, K. I.: Szravnyitel'naja effektivnoszty slakov metalurgicseszkoj promüslennoszt'yi i cementnoj püli Kak izvesztkovüh udobrenij. *Iz rezul'tatov rabot COSz, VIUA Moszkva.* **46**. 161—166. 1969.
- [27] Talaj- és trágyavizsgálati módszerek. *Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1962.

*Érkezett: 1970. december 10.*

## Use of Industrial By-Products for Soil Improvement

A. PUSZTAI and F. MÁTÉ

Research Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

### Summary

The soil improving effect of the following calcium containing industrial by-products was studied (after a proper preparation) in pot experiments with spring barley and mustard: (I) Blast furnace slag; (II) Open-hearth furnace slag; (III) Coal slag from the power plants in Inota; (IV) Coal slag from the power plant in Várpalota; (V) Carbide refuse-lime and (VI) Refuse-lime used for water softening. The amendments were analysed and the NPK and Ca content of the yield was determined as well. The pot experiments were carried out on a medium acid brown forest soil with clay illuviation.

In the determination of the amount of amendments applied, uniformly 26 t/hectare powdered limestone were taken for basis and, in the case of each by-product, the total amount of the alkali-soluble materials was considered.

The chemical composition of the different industrial by-products examined, the yield increase and the composition of spring barley and mustard point to the fact that it is worthwhile to study the use of these materials for soil improvement.

For the chemical amelioration of soils all those industrial by-products can be used, the application of which for other purposes is neither yet solved nor practical. According to our experiments, very good results can be achieved by using open-hearth furnace slag, but the other industrial by-products give good results, too. The use of these by-products, however, has only local importance, since their transformation is not economical because of their relatively low effective-substance content (in comparison to powdered limestone).

Since at present the use of blast furnace slag (silico-lime) is practically solved in Hungary, the problem is the use of open-hearth furnace slag and other kinds of steel work slags.

The experiments prove that the industrial by-products examined can be applied successfully for the improvement of acid soils. Their effect on the plants and soils is at least as advantageous as that of the powdered limestone which can be considered as the traditional acid soil improving material.

Some of the by-products cannot be used in their original state: they must be ground. In some cases (refuse-lime for water softening, carbide refuse-lime) the water content of the material implies problems.

*Table 1.* Chemical composition of the industrial by-products examined. (1) Sign and name of by-product: I. Blast furnace slag. II. Open-hearth furnace slag. III. Coal slag from Inota. IV. Coal slag from Várpalota. V. Carbide refuse-lime. VI. Refuse-lime used for water softening. (2) Ignition loss.

*Table 2.* Carbonate content and amount of materials capable of alkaline hydrolysis of the industrial by-products examined (in  $\text{CaCO}_3$  %). (1) See: Table 1. (2) Carbonate content. (3) Amount of materials capable of alkaline hydrolysis.

*Table 3.* The effect of the different amendments examined on the yield of spring barley (g/pot), 86% dry substance). (1) Amendment (Meaning of Roman numbers: See: Table 1. (2) Without fertilizers. (3)  $\text{N}_{0.26}\text{P}_{0.15}\text{K}_{0.17}$  g/kg soil. (4) Difference.

*Table 4.* The effect of the different amendments examined on the nutrient content and yield of spring barley. (1) Treatments. (2) Nutrient content, %. (3) Yield, g/pot. (4) Raw protein.

*Table 5.* The effect of the different amendments examined on the yield of mustard (g/pot, 86% dry substance). Signs: see Table 3.

*Table 6.* The effect of the different amendments examined on the nutrient content and yield of mustard. Signs: see Table 4.

## Anwendung einiger Industrieabfälle zur Bodenverbesserung

A. PUSZTAI und F. MÁTÉ

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

### Zusammenfassung

Zwecks Untersuchung wurden von verschiedenen Industriebetrieben kalkiumhaltige Abfallstoffe eingesammelt, sowie Hochofenschlacke (I); Martinofenschlacke (II); Kohlschlacke aus den Kraftzentralen Inota (III) und Várpalota (IV); Karbidschlamm (V) und Kalkschlamm von der Wasserenthärtung (VI). Nach entsprechender Vorbereitung wurden diese Stoffe chemisch analysiert und in Gefäßversuchen mit Sommergerste und Senf geprüft. Der NPK-sowie Ca-Gehalt der Pflanzen wurde auch festgestellt. In den Gefäßversuchen wurde ein mässig saurer illimerisierter brauner Waldboden angewendet.

Bei Festsetzung der Menge des Verbesserungsmittels wurde einheitlich 150 dt/kJ Kalksteinmehl als Grundmenge betrachtet und bei jedem Mittel wurde der Gesamtgehalt aller alkalisch löslichen Stoffe beachtet.

Die Angaben der chemischen Analyse der verschiedenen Industrieabfälle, die Ertragsergebnisse und Analysendaten der zwei Versuchspflanzen sprechen dafür, dass es zweckmässig ist sich mit der landwirtschaftlichen Verwertung dieser Stoffe zu befassen.

Im Rahmen der chemischen Bodenverbesserung können alle solche industriellen Nebenprodukte verwendet werden, deren anderartige Anwendung nicht gelöst oder nicht zweckmässig ist. Nach unseren Versuchen können sehr gute Ergebnisse vor allem durch Anwendung von Martinofenschlacke, aber auch von anderen Industrieabfällen erwartet werden. Diese Abfälle besitzen aber nur eine örtliche Bedeutung, da sich ihr Transport — wegen ihrem mit dem Kalksteinmehl verglichen geringeren Wirkstoffgehalt — nicht auszahlt.

Da die Verwendung der Hochofenschlacke (Silikokalk) in Ungarn bis auf weiteres als gelöst zu betrachten ist, bedeutet die Verwertung der Martinofenschlacke und anderer Stahlwerk-Schlacken das Problem.

An Hand unserer Versuche gelangen wir zur Folgerung, dass die untersuchten Industrieabfälle zur Verbesserung der saueren Böden gut verwendbar sind. Ihre auf die Pflanzen und Böden ausgeübte Wirkung ist — aufgrund unserer Vorversuche — nicht minder vorteilhaft, als diejenige des als traditionelles Bodenverbesserungsmittel bezeichnbaren Kalksteinmehles.

Einige Abfallstoffe können in ihrem originalen Zustand nicht verwendet werden. Diese muss man zerkleinern. Bei einigen (Kalkschlamm, Karbidschlamm) kann der Wassergehalt Probleme bedeuten.

Tab. 1. Chemische Zusammensetzung der Industrieabfälle. (1) Zeichen und Benennung des Abfallstoffes: I. Hochofenschlacke. II. Martinofenschlacke. III. Kohlschlacke aus Inota. IV. Kohlschlacke aus Várpalota. V. Karbidschlamm. VI. Kalkschlamm von der Wasserenthärtung. (2) Glühverlust.

Tab. 2. Karbonatgehalt und Menge der alkalisch löslichen Verbindungen (in  $\text{CaCO}_3\%$ ) der Industrieabfälle. (1) s. Tab. 1. (2) Karbonatgehalt. (3) Menge der alkalisch löslichen Verbindungen.

Tab. 3. Wirkung der verschiedenen Bodenverbesserungsmittel auf den Ertrag der Sommergerste (g/Gefäss, 86% Trockensubstanz). (1) Verbesserungsstoff (Bedeutung der römischen Zahlen s. Tab. 1. (2) ohne Mineraldünger. (3)  $\text{N}_{0,26}\text{P}_{0,15}\text{K}_{0,17}$  g/kg Boden. (4) Differenz.

Tab. 4. Wirkung der verschiedenen Bodenverbesserungsmittel auf die Inhaltsstoffe und den Ertrag der Sommergerste. (1) Behandlungen. (2) Inhaltsstoffe, %. (3) Ertrag der Sommergerste, g/Gefäss. (4) Rohprotein.

Tab. 5. Wirkung der verschiedenen Bodenverbesserungsmittel auf den Ertrag des Senfes (g/Gefäss, 86% Trockensubstanz). Bezeichnungen s. Tab. 3.

Tab. 6. Wirkung der verschiedenen Bodenverbesserungsmittel auf die chemische Zusammensetzung und den Ertrag des Senfes. Bezeichnungen s. Tab. 4.

## Использование промышленных отходов для мелиорации почв

А. ПУСТАИ и Ф. МАТЭ

Научно-Исследовательский институт почвоведения и агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

## Резюме

В опытах использовали отходы различных отраслей промышленности, содержащие различное количество кальция — доменный шлак (I), мартеновский шлак (II), угольные шлаки электростанций Инота (III) и Варпалота (IV), карбидный известковый ил (V) и известковый ил для смягчения воды (VI). После соответствующей подготовки провели химические анализы этих материалов и заложили вегетационные опыты с яровым ячменем и горчицей. В урожае определили содержание азота, фосфора, калия и кальция. Для вегетационных опытов использовали среднекислую, илиммеризованную бурую лесную почву.

При установлении дозы внесения мелиорирующих веществ за основу принимали дозу молотого известняка равную 150 ц/кат. хольд, и для всех остальных мелиорантов исчисляли из общего количества щелочно растворимых веществ.

Химические анализы промышленных отходов и урожайные данные двух подопытных растений в вегетационных опытах с указанными мелиорантами, а также химический анализ растений показали, что и в дальнейшем целесообразно заниматься вопросом использования этих отходов в сельском хозяйстве.

Для химической мелиорации почв могут быть использованы те промышленные отходы, применение которых в другом направлении или еще не разрешено, или оказалось нерентабельным. По данным наших опытов можно ожидать значительного мелиоративного эффекта от внесения, в первую очередь, мартеновского шлака, но также и от внесения других промышленных отходов. Использование этих мелиорантов, по всей вероятности, будет иметь местное значение, ибо перевозка в более отдаленные области страны мелиорантов, содержащих меньше действующих начал, чем молотый известняк, не являлось бы рентабельной.

Поскольку в нашей стране использование доменного шлака (силикоизвесть) можно считать решенным, стоит вопрос об использовании мартеновского шлака или других шлаков металлургической промышленности.

На основе данных опытов мы пришли к заключению, что изученные промышленные отходы могут быть использованы для химической мелиорации кислых почв. Предварительные исследования показали, что они оказывают такое же благоприятное влияние на почву и растения, как и молотый известняк, обычно используемый для мелиорации кислых почв.

Некоторые шлаки перед использованием необходимо размельчать. Есть и такие шлаки, у которых содержание воды (известковый ил, карбидная известь) является проблемой при их использовании.

Табл. 1. Химический состав промышленных отходов. (1) Обозначение и название исследуемого вещества: I. Доменный шлак. II. Мартеновский шлак. III. Угольный шлак с электростанции Инота. IV. Угольный шлак с электростанции Варпалота. V. Карбидная известь. VI. Известковый ил для смягчения воды. (2) Потеря от прокалывания.

Табл. 2. Содержание карбонатов и щелочногидролизуемых веществ промышленных отходов в процентах. (1) См. в таблице 1. (2) Содержание карбонатов кальция. (3) Щелочногидролизуемые соединения, выражены в  $\text{CaCO}_3$ .

Табл. 3. Влияние различных мелиорирующих веществ на урожай ярового ячменя (г/сосуд, в пересчете на 86% сухое вещество). (1) Название вещества. Римские цифры см. в таблице 1. (2) Без минеральных удобрений. (3)  $\text{N}_{0,26}\text{P}_{0,15}\text{K}_{0,17}$  г/кг почвы. (4) Разница

Табл. 4. Влияние различных мелиорантов на качественный состав и урожай ярового ячменя. (1) Варианты. (2) Качественный состав ярового ячменя в %. (3) Урожай ярового ячменя в г/сосуд. (4) Выход сырого белка

Табл. 5. Влияние различных мелиорантов на урожай горчицы (г/сосуд, в пересчете на 86% сухое вещество). Обозначение см. в таблице 3.

Табл. 6. Влияние различных мелиорантов на качественный состав и урожай горчицы. Обозначения см. в таблице 4.